

ファスナーの 微細構造検査 用試料作製



Struers
Ensuring Certainty

アプリケーション ノート

「ファスナー」という用語には、ねじ込み式および非ねじ込み式ボルト、ネジ、リベットとピンなどという意味が含まれます。

部品を機械的に接続する手段としてのピンとロッドは、最も古い構造要素の1つです。リベットとネジはまず貴金属から作られ、その後、鍛造と機械的切断によって非鉄金属と鋼から作られました。

プレス金型及び圧延用工具の圧力に耐えるのに十分な延性を有する金属が開発されるまで、冷間成形がファスナーの大量生産に使用される工程として採用されることはありませんでした。



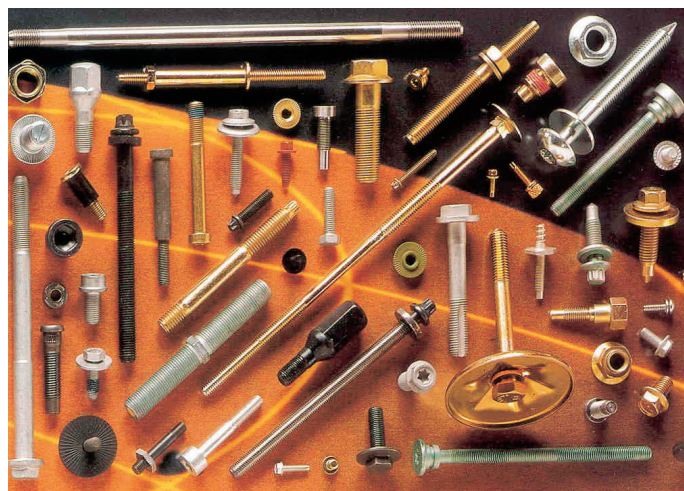
リベット継手、
アルミニウム
中の鋼リベット

8x

機械的接合の主なカテゴリーには、ボルト、ナット、ネジなどのネジ山式ファスナー、およびリベットやピンなどの非ネジ山式ファスナーがあります。

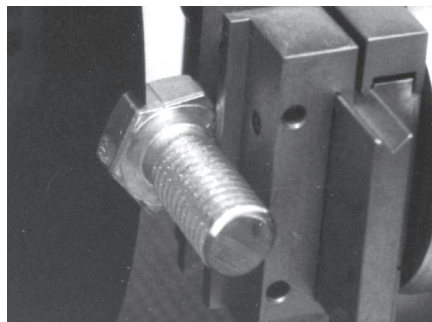
強度、ねじり、環境条件などの要件に応じて、ネジ山付きおよびネジ山なしのファスナーがさまざまな用途に使用されます。

多くの工学用途では、ファスナーは構造上の安全性に関して重要な役割を果たしているため、特定の規格に準拠して製造する必要があります。そのため、生産工程において、一般的な工程および品質管理手順、特に金属組織学的検査が重要になります。この試験は、寸法、機械的特性、物理的変数の確認から構造検査や定量分析まで多岐にわたります。金属組織学的検査は、ファスナーを製造するための品質管理体制の一部であり、原材料のスポットチェック、成形・熱処理プロセスの制御・検証、故障解析などに使用されます。



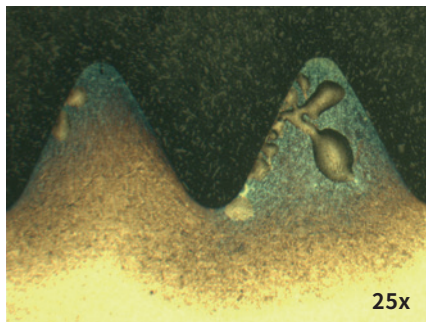
微細構造検査用試料作製時の課題

切断: ファスナー寸法及び形状によっては、確実なクランピング及び適切な断面切断が不可能な場合があります。



余分なネジ頭部を切断する
埋込み前

埋込み: ファスナーのネジ山と頭部の収縮間隙は、顕微鏡観察のための良好なエッジの保持と試料の適切な洗浄を困難にします。



ネジ山、収縮間隙による
シミ

ソリューション

切断: ファスナー用の特殊ホルダー、小型ネジ用の精密切断、またはファスナー全体を埋込みし、その後の中心までの粗研磨。

埋込み: 適切な脱脂とクリーニング、熱間または冷間埋込用の収縮が最も少ない埋込材の使用。

ファスナーの生産と用途

ファスナー製造の**歴史上**、機械加工の開発は、特にネジ山切削にとって重要でした。今日、チップレスシェイピング（転造加工）は汎用的で経済的な生産方法であり、特定の形状、公差、表面を必要とする非常に特殊な高品質のネジの仕上げには、最初の成形後に切削加工が使用されます。

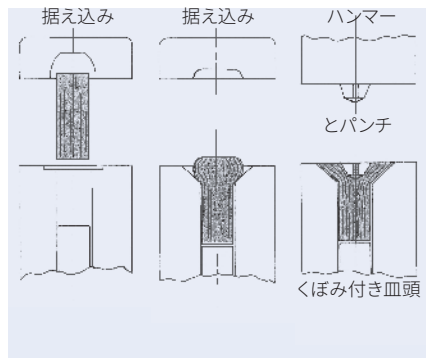
成形は、冷間プレスまたは熱間プレスのいずれかによって行われます。冷間成形技術と冶金学が発展し、ファスナーの製造において冷間プレスは熱間成形と置き換わった状態までになりました。

非常に大型または複雑な形状のボルトの場合、熱間鍛造は依然として選択肢の1つです。大きな断面サイズでは、高い冷間成形力が必要とされ、その結果、冷間加工の効果の重要性が高まります。冷間成形では、連続線材が押し出しプレス機に供給され、ダイ内の線径の圧縮及び縮小によって、ファスナーが成形されます。（図1）ネジ山は、冷間転造工程によって形成されます。（図2）ネジ山はネジの最も重要な部分であるため、正しいネジ転造操作とその後の熱処理が非常に重要です。冷間加工工程は硬さを向上させ、高品質な鋼製ファスナーの場合、特定の用途に適した材料特性を達成するために様々な熱処理工程が行われます。低炭素鋼は浸炭されているため、中心は軟質で延性があり、表面は硬いという特徴があります。炭素鋼は硬化・調質済みで、用途に応じて、同じ原材料から異なる機械的特性を達成するためにオーステナイト化・調質用の温度変化が使用されます。例えば、頭部の更なる表面硬化は、高周波焼入れによって実施されます。成形及び熱処理の様々な段階では、酸洗処理、クリーニング、及び油塗りなどの他の工程が行われます。

防食コーティングは最後に行うもので、通常は実際の製造工程とは別の工程です。腐食保護を改善するために、ファスナーはマンガン、亜鉛、又はリン酸鉄でコーティングされた後、油を塗布されます。

図1. 冷間圧造

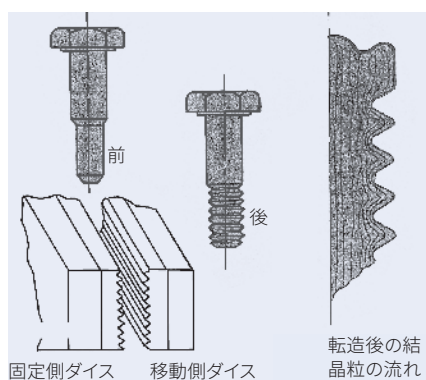
基本操作では、円形の線材を各種の基本形状に「冷間」で形成します。連続的な自動操作では、ファスナーの信頼性を完全に確保するために結晶粒の連続性を維持する必要があります。



亜鉛、カドミウム、クロムのメッキで亜鉛メッキすると、腐食保護が強化され、カドミウムとアルミニウムの蒸着コーティングも同様の働きをします。（一部の国では、カドミウムコーティングは環境上の理由から使用されていません。）

一般用途の低炭素鋼および炭素鋼ファスナーに加えて、ファスナーは、建設および機械工学用途の高強度鋼、高温用途の耐食性のステンレス鋼、ニッケルおよびコバルト基合金、航空機、医療および食品産業用途のチタンで作られています。真鍮と銅製の非鉄ファスナーは、装飾的な金属レールとトリミングに関連して使用されます。鋼製リベットは自動車産業で使用され、チタン製リベットは主に航空機の車体構造に使用されます。

優れたファスナーを製造するための主な前提条件は、高品質の原材料です。不良の例として、継ぎ目や棒の中心のくぼみなどの棒の欠陥や、間違った結晶粒サイズや構造を生成してしまう不適切な熱処理が挙げられます。これらは全て、ファスナー製造中の欠陥につながる可能性があります。したがって、原材料の金属組織学的品質管理は一般的な生産管理と同様に重要です。



ファスナー試料作製における課題

ファスナーの金属組織試料作製の**課題**は形状です。切断は通常、ネジの中心で行いますが、頭部が突起しているため、リベットまたはネジをしっかりと固定して断面切断することは容易ではありません。通常、大きなボルトは難なく半分に切ることができですが、ネジが薄いほど切断が難しくなります。ネジ山や頭部の曲線部は埋込樹脂が収縮する箇所でもあるため、形状の問題は埋込にも影響します。コーティングは良好なエッジが保持されていなければ適切に検査できないため、この問題は特に被覆試料で深刻です。



ファスナー試料作製の推奨事項

以下は**切断と埋込み**の問題を解決するための推奨です。

中型または薄型のネジの場合、切断面作製時に部品を安全に保持するネジ山付きの特殊ホルダーを製作できます。（図3）より小さいネジまたはリベットの場合、頭部を片側で切断して、ネジを埋込みプレスに平らに置くことができます。埋込後、ネジの残りを中央まで研磨します。あるいは、ねじ頭部が収まるようなくぼみが両側にある埋込みプレス機用の特殊な下部ラムを使用します。（図4）

非常に小さいネジの切断は、効率的ではありません。ネジを水平にするために金属またはプラスチック片をシムとして取り付け、取り付け後に中央まで研磨する必要があります。（図4）

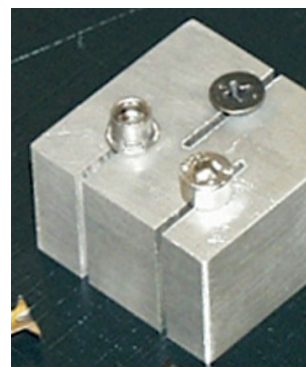


図3: ネジ切り用特殊ホルダー

図2: ネジ転造。
必要なネジ山を作る精密な平行溝を備える2つの平ダイス間で素材が転造されます。冷間成形または熱間成形の工程では、転造されたネジ山は強く滑らかで、材料が無駄になりません。

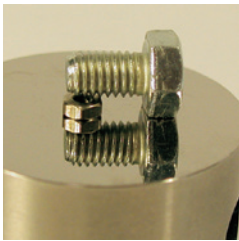


図4:
ネジ取付用の
シム

特に大容量を処理する必要がある場合、最も効率的なファスナーの研磨方法は、自動研磨機の研磨砥石を使用することです。

材料特性によっては、硬質充填材料(デュロファスト)、フェノール樹脂と炭素充填材(ポリファスト)、またはメラミンホワイトミネラルおよびガラス充填材(レボファスト)を含む熱間樹脂と熱間圧縮埋込が推奨されます。冷間埋込エポキシ樹脂(エポフィックス)は収縮率が最も低いいため推奨されます。埋込前に、アセトンやエタノールなどの脱脂剤を使用して、部品を完全に洗浄する必要があります。樹脂が試料材料に適切に付着するように、ネジ山と頭部の下半径に特に注意する必要があります。

研磨と琢磨

ファスナーを適切に切断して埋め込まれたら、特定の材料に合わせて研磨と琢磨を行う必要があります。本アプリケーションノートでは、ファスナーの材質をすべて網羅しているわけではありません。試料作製方法を表1と表2に示した2種類の金属製ファスナーを選択しました。(試料作製に関する詳細については、ストルアス社のe-メタログまたはアプリケーションノートを参照してください。) このアプリケーションノートに記載されている試料作製データの例は、真鍮製のネジ(表1)と低合金鋼製のネジ(表2)です。データはホルダーにクランプされた直径30 mmの6個の埋込み試料に対するものです。

ねじの中央までの粗研磨は、ストルアスの自動研磨装置アブラプランで行い、その後、ストルアスのテグラミンで自動的に精研磨と琢磨を行いました。



エッチングと構造解釈

ファスナーの金属組織学的断面のエッチングには、炭素鋼、チタン、真鍮、ステンレス鋼などの各材料に適した、一般



図5:
疲労破壊

的なエッチング溶液を使用します。上述のように、ファスナーの製造中にバリ、亀裂などの機械的欠陥(図6a)や、折り目及び重なりが生じる場合があります。そのいくつかは、目視検査によって、又は染色浸透検査及び磁気探傷検査などの非破壊的な方法によって検出されます。これらの欠陥の深さは、金属組織学的手段によって検出できます。(図6b) 微細構造の不具合は主に過熱(図7)、結晶粒成長、粒界酸化、脱炭など熱処理によるものです。(図8) 多くの用途では、ネジ式ファスナーの破損は深刻な結果をもたらす可能性があり、その結果、金属組織学的構造分析は、破損の原因を特定するために不可欠です。これは、曲げや歪みなどの機械的特性、または潤滑剤、蒸気、化学試薬などの熱や環境への暴露など、一定の時間の経過とともに発生することがあります。疲労(図6)、ねじれ、脆化、腐食、およびその他の複数の原因による破損につながる可能性があります。

まとめ

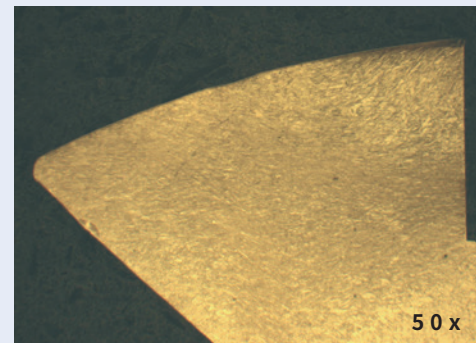
「ファスナー」という用語には、特定の原材料および生産工程を必要とする幅広いネジ式および非ネジ式のボルト、ネジ、リベット、ピンが含まれます。ファス



図 6A: 継ぎ目による炭素鋼ボルト頭部の分離。



図 6b: 図7aの継ぎ目の横断面。エッチング液: 3%ナイトール



冷間成形の流線を示す真鍮製ネジ頭部。エッチング液: 塩化鉄(III)

試料作製条件 真鍮ねじ

研磨

工程		PG	FG
作業面		研磨フویل/ 研磨紙	MD-ラルゴ
砥粒	種類	SiC	ダイヤモンド
	サイズ	#320	9 μm
懸濁液/ ループリカント		水	ダイヤプロ アレグロ/ラルゴ9
rpm		300	150
加圧力[N]/ 試料		30	30
時間(分)		必要に応じて	3

琢磨

工程		DP	OP
作業面		MD-Mol	MD-Chem
砥粒	種類	ダイヤモンド	コロイダルシリカ
	サイズ	3 μm	0.25 μm
懸濁液/ ループリカント		ダイヤプロ Mol R3	OP - Sノンドライ*
rpm		150	150
加圧力[N]/ 試料		30	15
時間(分)		3	3

表1

* 96 ml OP - Sノンドライ
2 mlアンモニア(25%)
2 ml過酸化水素(33%)

Struers ApS
Pederstrupvej 84
DK-2750 Ballerup, Denmark
電話 +45 44 600 800
Fax +45 44 600 801
struers@struers.dk
www.struers.com

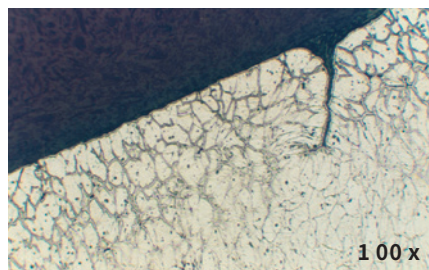


図7:
ヘッディングの過熱
による溶融粒界。
ニッケル基合金
エッチング液:
改良された Kalling

試料作製条件

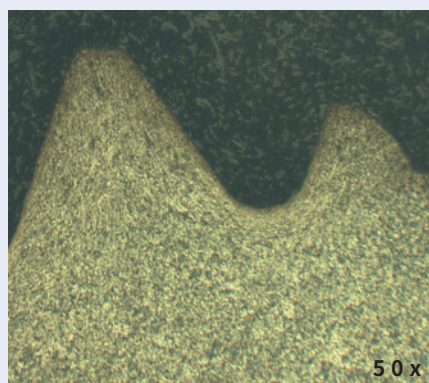
ボルト、合金鋼
研磨

工程	PG	FG
作業面	砥石	MD-アレグロ
砥粒	種類 酸化アルミニウム サイズ #150	ダイヤモンド 9 μm
懸濁液/ ループリカント	水	ダイヤプロ アレグロ/ラルゴ9
rpm	1500	150
加圧力[N]/ 試料	35	35
時間(分)	必要に応じて	4

琢磨

工程	DP	OP
作業面	MD-Dac	MD-Nap
砥粒	種類 ダイヤモンド サイズ 3 μm	ダイヤモンド 1 μm
懸濁液/ ループリカント	ダイヤプロ Dac3	ダイヤプロ Nap B 1
rpm	150	150
加圧力[N]/ 試料	35	25
時間(分)	4	1-5

表2:



ボルトのネジ山、合金調質鋼 エッチング液: 3%
ナイトール

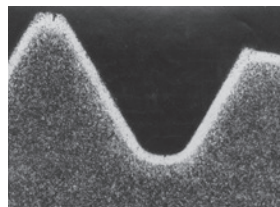


図8:
脱炭を示すネ
ジ山部分 エッ
チング液: 5%ナ
イタール

ナーの品質を確保するためには、原材料と製造に優れた金属組織品質管理が不可欠です。金属組織学的検査は、主に生産とその後の熱処理による機械的損傷と熱損傷を対象としています。構造と欠陥の解釈には、ファスナーの材料と形状の範囲が非常に広い、ある程度の経験が必要です。微細構造検査用試料作製時の特定の問題は切断と埋込みです。これは、様々な有用なツールを使用して克服できます。研磨と琢磨の手順は、作製するファスナー材料によって異なり、自動装置で3段階または4段階の工程を通して行います。



アプリケーション ノート

ファスナーの微細構造検査用試料作製
エリザベス・ワイトマン, Struers A/S, Copenhagen
John McElwain, Struers Inc., 米国オハイオ州ウェ
ストライク

謝辞

Hogue MetallographyのFrauke Hogue氏のご協力に感謝いたします。
Pacific Palisades, Ca, USAは、ファスナーの微細構造に関する情報と、図7 a + bおよび8の複製許可を提供していただきました。

図1および2: Copyright 1975 Alcoa Global Fasteners, Inc.と関連会社。無断複写・転載を禁じます。図は著作権所有者の許可によって再印刷されたものです。著作権所有者の書面による許可がない限り、図の全体または一部を複製することは固く禁じられています。

参考文献

Handbuch der hochfesten Schrauben
K. H. Kübler, W. J. Mages, Hrsg.: Kamax - Werke,
Verlag W. Giradet, Essen, 1986

Schrauben Vademecum, K. H. Illgner, D. Blume,
Bauer und Schauerte, Neuss, 1978

Characterization of defects in precision fasteners by metallographic methods.
Frauke Hogue, Structure 30, 1996